

*Pengaruh Jumlah Bilah Centrifugal Impeller terhadap NPSH Pompa***PENGARUH JUMLAH BILAH CENTRIFUGAL IMPELLER TERHADAP NPSH POMPA****Satrya Sembada**

S-1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: satryasembada@gmail.com**Indra Herlamba Siregar**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: indra_adsite2006@yahoo.com**Abstrak**

Kavitasi merupakan peristiwa terbentuknya gelembung-gelembung uap di dalam cairan yang sedang mengalir ataupun di bagian dalam pompa. kavitasi dipengaruhi oleh NPSH (*Net Positive Suction Head*), NPSH yang tersedia nilainya harus lebih besar daripada NPSH yang diperlukan untuk menghindari terjadinya kavitasi. Banyak penelitian mengenai pompa sentrifugal yang hanya fokus terhadap kinerja dan efisiensi kerja pompa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah bilah sentrifugal terhadap perubahan NPSH pompa, pengaruh kecepatan terhadap NPSH pompa, pengaruh suhu terhadap NPSH pompa. Dengan variable penelitian impeller 6, 7 dan 8 bilah, variasi suhu 30°C, 40°C, 50°C, 60°C dan variasi putaran motor 1200 rpm, 1500 rpm dan 1700 rpm. Fluida dipanaskan dengan variasi suhu tertentu kemudian menyesuaikan putaran motor yang diterapkan pada setiap bilah impeller, selanjutnya dilakukan pembacaan pada tekanan manometer dan di formulasikan pada rumus NPSH yang tersedia untuk mengetahui besar nilai NPSH pompa. Hasil pembahasan dari penelitian ini bahwa pada putaran poros pompa 1700 rpm, temperatur air 30°C dan posisi valve *discharge* pada bukaan penuh. Dengan menggunakan impeller 6 bilah NPSH tertinggi 10,19 m, pada impeller 7 bilah NPSH tertinggi 9,88 m, pada impeller 8 bilah NPSH tertinggi 9,57m. Peningkatan temperatur air berpengaruh secara signifikan pada besarnya NPSH pompa, dapat dilihat pada impeller 8 dengan kecepatan 1700 rpm saat bukaan penuh pada valve *suction* maupun *discharge*. Pada suhu 30°C nilai NPSH sebesar 9,57, pada suhu 40°C nilai NPSH sebesar 9,27 m, pada suhu 50°C nilai NPSH sebesar 8,79 m dan pada suhu 60°C nilai NPSH sebesar 8,08 m.

Kata Kunci : Jumlah Bilah *Centrifugal Impeller*, NPSH, pompa, kavitasi, temperatur air**Abstract**

Cavitation is an event of steam bubbles formation within flowing liquid and or liquid inside the pump. Cavitation influenced by the NPSH (*Net Positive Suction Head*), the available NPSH value must be higher than the required NPSH to prevent cavitation occurred. A lot of research on the centrifugal pumps that only focus on performance and work efficiency of the pumps. However, this research aims to know the influence of centrifugal blades number toward the changes of NPSH pump, the influence of speed toward NPSH pumps and the temperature influence toward NPSH pump. This study conducted by applying Impeller variable 6, 7 and 8 blades, the temperature variation 30°C, 40°C, 50°C, 60°C and the variation of motor rotation 1200, 1500 and 1700 rpm. The fluid is heated to a particular temperature variation and then adjust to the motor rotation in which applied to each Impeller blade, after that the manometer pressure formulated using the available NPSH to find out the value of NPSH pump. The result of this study showed that pump shaft rotation was 1700 rpm, water temperature was 30°C and a discharge valve position at full aperture. By applying the 6 Impeller blades, the highest NPSH was 10,19 m, while using 7 Impeller blades the highest NPSH was 9,88 m. In other hand, the highest NPSH 9,57 m was taken at the use of 8 Impeller blades. The rise of liquid temperature significantly influence toward the NPSH pump's value. It was visible by looking at 8 Impeller blades at the speed of 1700 rpm during full aperture either in valve suction or discharge. At the 30°C temperature the NPSH value was 9,57m while at 40°C the NPSH value was 9,27 m, 50°C the NPSH value was 8,79 m and 8,08 taken at 60°C temperature.

Keywords : Numbers of Centrifugal Impeller Blades, NPSH, Pump, Cavitation, Liquid Temperature**PENDAHULUAN**

Fluida merupakan istilah yang digunakan untuk menyebut segala jenis zat yang dapat mengalir. Secara alamiah fluida khususnya air akan mengalir dari tempat tinggi ke

tempat yang lebih rendah mengikuti gaya gravitasi bumi. Untuk aliran sebaliknya diperlukan alat yang disebut pompa, pertama kali ditemukan pada tahun 1174 oleh Al-Jazari, terdiri atas balok panjang yang ditopang dengan balok kayu horisontal, sementara penggeraknya

menggunakan tenaga hewan dengan mekanisme gerak yang terdiri dari dua roda gigi. Saat ini desain dan mekanisme pompa telah berkembang.

Pompa adalah mesin atau peralatan mekanis yang digunakan untuk menaikkan cairan dari posisi potensial rendah ke posisi potensial tinggi. Turunnya performansi pompa secara tiba-tiba khususnya pada bagian efisiensi dan ketidakstabilan dalam operasi sering menjadi masalah yang serius dan mengganggu kerja sistem secara keseluruhan. Salah satu penyebab turunnya performansi pompa adalah kavitasi (*cavitation*) dan menjadi masalah serius pada pengoperasian pompa sentrifugal.

Kavitasi merupakan peristiwa terbentuknya gelembung-gelembung uap didalam cairan yang sedang mengalir ataupun dibagian dalam pompa. Peristiwa ini terjadi akibat turunnya tekanan fluida sampai di bawah tekanan uap jenuh fluida. Pada pompa sentrifugal, kavitasi dapat terjadi pada *suction* pompa maupun pada pipa aliran fluida. Kavitasi dipengaruhi oleh perubahan NPSH yang tersedia yang nilainya harus lebih besar daripada NPSH yang diperlukan yang sudah dirancang dari pabrik.

Dari jurnal-jurnal tentang pompa sentrifugal yang telah dilakukan penelitian sebelumnya, antara lain:

Romi Wilza, dkk (2011) dalam sebuah penelitian yang berjudul “Menentukan Daerah Operasi Pompa Jenis Slide Chancel Tipe P-12/s dengan Metode Pengujian Instalasi” memperoleh data pengujian NPSH sebagai berikut:

Tabel 1. Data Pengujian NPSH

Temperatur air	Tekanan manometer vakum, P_w inch.Hg	Tekanan jenuh air, P_s (N/m ²)	NPSH, m
20°C	29,5	7916,32	7,73
25°C	26,5	17415,08	6,76
30°C	24	25331,21	5,95
35°C	22,5	30080,86	5,46
40°C	20	37996,88	5,22

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu suatu fluida dalam aliran pompa maka nilai NPSH yang tersedia akan semakin menurun atau temperature fluida berbanding terbalik dengan NPSH pompa.

Achmad Aliyin Musyafa (2015) dalam penelitiannya yang berjudul “Pengaruh Jumlah Sudu Sentrifugal Impeller Terhadap Kapasitas dan Efisiensi Pompa Sentrifugal” menyimpulkan bahwa semakin banyak jumlah sudu maka kapasitas dan efisiensi pompa semakin meningkat. Hal ini terjadi karena dengan semakin banyaknya jumlah sudu maka semakin banyak pula fluida yang diangkat. Pada jumlah sudu 5 kapasitas pompa adalah 35,92 liter/menit dan efisiensi sebesar 33,24%. Pada impeller sudu 4 kapasitas pompa adalah 33,24 liter/menit dan efisiensi 31,18%. Pada impeller 3 kapasitas pompa 31,77 liter/menit dan efisiensi 29,24%. Pertambahan nilai head berbanding terbalik dengan

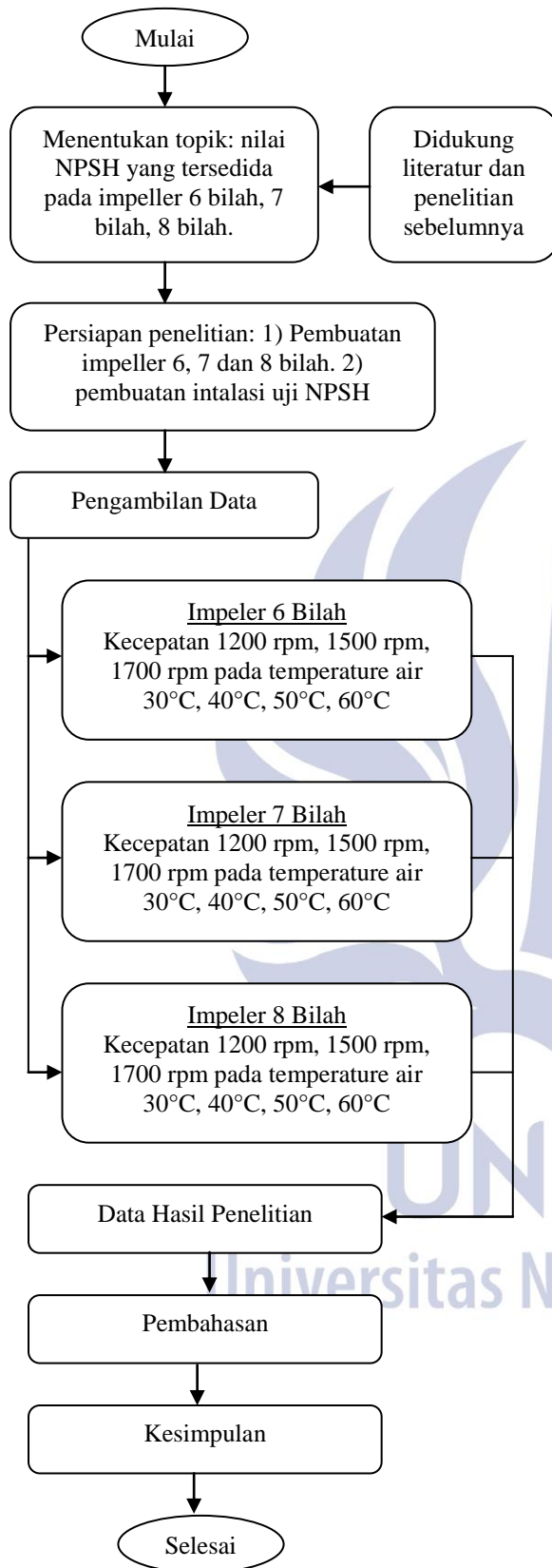
kapasitas pompa. Nilai head tertinggi didapat dari kondisi shut off head sebesar 16,93 m pada impeller dengan 5 sudu dan nilai head terendah pada impeller 3 sudu sebesar 8,80 m. Semakin tinggi putaran maka semakin tinggi efisiensi dan kapasitas dari pompa. Hal ini terjadi karena semakin meningkat putaran maka kecepatan aliran juga semakin meningkat. Dengan naiknya kecepatan aliran maka friction factor menjadi berkurang sehingga menurunkan loss yang ada. Pada putaran tertinggi sebesar 2700 rpm nilai head sebesar 5,71 m dan nilai dari kapasitas pompa sebesar 35,40 liter/menit dan nilai efisiensi 33,24%. Pada putaran 2000 rpm kapasitas 39,43 liter/menit, dan efisiensi 22,78%. Pada putaran 1300 rpm kapasitas 18,42 liter/menit, dan efisiensi 14,10%. Semakin tinggi putaran penggerak maka akan semakin besar efisiensi kapasitas dan head dari pompa. Pertambahan nilai head tidak sangat besar seperti pada kondisi tertinggi yaitu saat kondisi shut off head. Pertambahan nilai kenaikan dari kapasitas dan efisiensi berbanding lurus dengan pertambahan putaran.

Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti mengambil penelitian mengenai variasi jumlah bilah dengan menggunakan impeller 6 bilah, 7 bilah dan 8 bilah. Variasi kecepatan putar 1200 rpm, 1500 rpm dan 1700 rpm, serta variasi suhu fluida 30°C, 40°C, 50°C dan 60°C terhadap besarnya NPSH pompa yang tersedia.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah bilah pada sentrifugal impeller terhadap NPSH pompa. Mengetahui pengaruh variasi kecepatan putar sentrifugal impeller terhadap NPSH pompa. Mengetahui pengaruh variasi temperatur air terhadap NPSH pompa.

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah mengetahui optimasi pencegahan terjadinya kavitasi pada penggunaan jumlah bilah impeller pompa sentrifugal. Mengetahui nilai NPSH, head pompa dari variasi jumlah bilah sentrifugal impeller. Mengetahui hubungan antara jumlah bilah impeller, kecepatan putar impeller dan temperatur fluida terhadap NPSH pompa.

METODE



Gambar 1. Flowchart penelitian

Tempat Penelitian

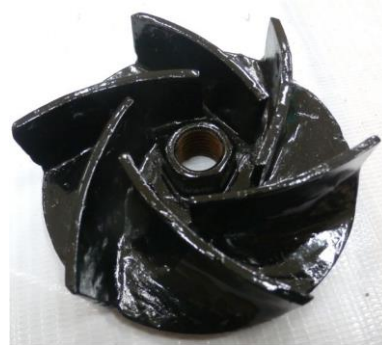
Tempat Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Thermodinamika, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.

Variabel penellitian

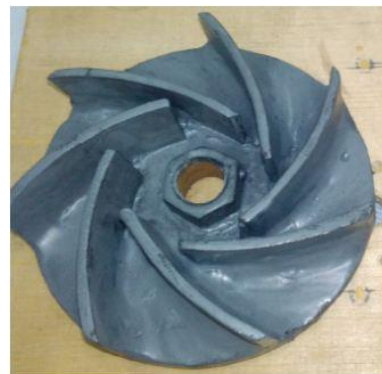
• Variabel Bebas (*Independent Varibel*)

Variabel bebas dalam penelitian “Uji Eksperimen Pengaruh Jumlah Billah *Centrifugal Impeller* terhadap NPSH pompa” adalah sebagai berikut :

- Putaran poros pompa sentrifugal 1200 rpm, 1500 rpm, 1700 rpm.
 - Temperatur fluida yang dipompakan 30C, 40C, 50C, 60C.
 - Jumlah bilah pada impeller : 6 billah, 7 billah, 8 billah
- Untuk bentuk dari sentrifugal impeller seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. sentrifugal impeller enam bilah



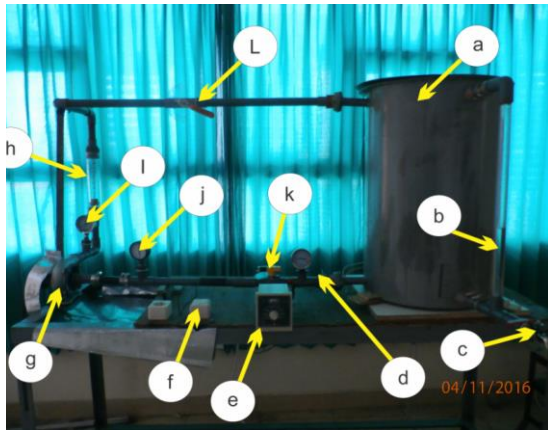
Gambar 3. sentrifugal impeller tujuh bilah



Gambar 4. sentrifugal impeller delapan bilah

- Variabel Terikat (*Dependent Variabel*)
Variabel terikat dalam penelitian ini adalah Tekanan *input*, tekanan *output*, kapasitas pompa sentrifugal.
- Variabel Kontrol (*Control Variable*)
Variabel kontrol yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis *fluida* yaitu air.

Gambar instalasi pengujian NPSH pompa sentrifugal dapat di lihat dari gambar dibawah:



Gambar 5. gambar alat penelitian

Keterangan :

- Tong penampungan air
- Pengukur ketinggian air dalam tong
- Kran penguras air dalam tong
- Thermometer
- Thermocontrol
- Saklar
- Rumah pompa sentrifugal
- Flow meter
- Pressure gauge
- Compound meter
- valve sisi suction
- valve sisi discharge

Teknik pengumpulan data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam pengumpulan data pada penelitian ini adalah teknik eksperimen, yaitu mengumpulkan data dengan cara menguji atau mengukur objek yang diuji selanjutnya mencatat data-data yang diperlukan. Adapun beberapa parameter yang diuji adalah sebagai berikut yang selanjutnya dicatat hasil pengujiannya :

- Tekanan sisi *suction*
- Tekanan sisi *discharge*
- Kapasitas aliran
- NPSH pompa

Pengambilan data

- ✓ Memasang impeller dengan jumlah bilah 6 kedalam rumah pompa.

- ✓ Mengatur putaran dengan mengatur pulley pada putaran 1200 rpm
- ✓ Memanaskan air pada tabung *reservoir* sampai 30°C.
- ✓ Katup pada sisi *suction* maupun *discharge* dibuka penuh.
- ✓ Pompa dinyalakan hingga putaran normal.
- ✓ Posisikan *valve discharge* pada bukaan 100%.
- ✓ Mengamati dan mencatat data hasil pengukuran ke dalam tabel, yaitu tekanan *suction*, tekanan *discharge*, *flowmeter*, volt meter dan *ampere meter* dengan langkah seperti dibawah ini :
- ✓ Putar katup *discharge* sampai bukaan 75% dan mengulangi langkah 1 sampai 5.
- ✓ Putar katup *discharge* sampai bukaan 50% dan mengulangi langkah 1 sampai 5.
- ✓ Putar katup *discharge* sampai bukaan 25% dan mengulangi langkah 1 sampai 5.
- ✓ Putar katup *discharge* sampai bukaan 0% dan mengulangi langkah 1 sampai 5.
- ✓ Memanaskan kembali air pada tabung *reservoir* hingga temperatur 40°C dan mengulangi langkah d sampai f.
- ✓ Memanaskan kembali air pada tabung *reservoir* hingga temperatur 50°C dan mengulangi langkah d sampai f.
- ✓ Memanaskan kembali air pada tabung *reservoir* hingga temperatur 60°C dan mengulangi langkah d sampai f.
- ✓ Ulangi langkah untuk masing-masing variasi jumlah bilah 6, bila 7, bilah 8 dan variasi kecepatan 1200 rpm, 1500 rpm, 1700 rpm.

Tabel 1. Tabel yang digunakan untuk pengambilan data NPSH pompa

Jumlah bilah		Rpm.....		Suhu.....	
No	discharge	Suction	Tekanan manometer Discharge	Tekanan manometer Suction	Pembacaan Flowmeter
1	90/67,5/ 45/ 22,5/0	90			
		80			
		60			
		40			
		20			

Perhitungan data

- ✓ Perhitungan Head pompa dihitung menggunakan persamaan

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + (Z_2 - Z_1) + H_{LT}$$

(Sumber: Indra Herlamba S, ST. MT., Pompa Sentrifugal, 2013)

Dimana :

H = Head Pompa (m)

P2 = Tekanan *discharge reservoir* (kg/m²)

P1 = Tekanan *suction reservoir* (kg/m²)

γ = Berat zat cair per satuan volume (kg/m³)

V2 = Kecepatan air di *discharge reservoir* (m/s)

V = Kecepatan air di *suction reservoir* (m/s)

g = Percepatan gravitasi (m/s²)

Z2 - Z1 = Perbedaan tinggi level air antara *discharge* dan *suction* (m)

H_{LT} = Head loss total pada sisi hisap pompa (m)

✓ Perhitungan NPSH yang tersedia dihitung menggunakan persamaan

$$h_{sv} = \frac{p_a - p_v}{\gamma} + \frac{p_s}{\gamma} + z_{ps} + \frac{v^2}{2g}$$

Dimana:

h_{sv} = NPSH yang tersedia (m)

P_a = Tekanan atmosfer (Pa)

P_v = Tekanan uap jenuh (Pa)

P_s = Tekanan terbaca pada manometer suction (Pa)

γ = Berat jenis zat cair per satuan volume (N/m³)

Z, Z_{ps} = Head isap statis (m), Z adalah positip (bertanda +) jika pompa terletak di atas permukaan zat cair yang diisap, dan negatip (bertanda -) jika di bawah. (m), seperti yang terlihat pada gambar di atas.

V = Kecepatan rata-rata fluida (m/s) dihitung dengan rumus (2.8)

g = Percepatan gravitasi (9,80665 m/s²)

HASIL DAN PEMBAHASAN

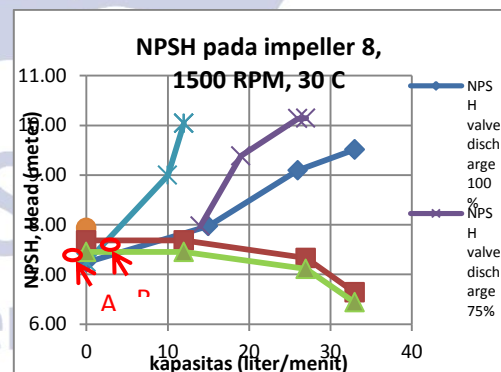
Dalam penelitian pompa sentrifugal ini proses pengumpulan data yang didapatkan dengan cara pengujian atau eksperimen. Data yang didapat dari proses pengujian atau eksperimen dicatat pada tabel yang sebelumnya telah dibuat. Hasil dalam penelitian ini meliputi nilai tekanan *suction*, nilai tekanan *discharge*, hasil pembacaan *flowmeter*. Hasil pengumpulan data dapat dilihat pada disajikan dalam bentuk tabel pada lampiran.

Tabel 2. Rekapitulasi perhitungan NPSH pompa impeller 8, 1500 rpm, 30 °C

valve discharge	valve suction	tekanan suction Pa	Q	NPSH
100%	90	-6772.78	33	9.51
	80	-6772.78	33	9.51
	60	-10159.16	26	9.09
	40	-20318.33	15	7.98
	20	-27091.11	0	7.24
75%	90	0.00	27	10.14
	80	0.00	26	10.13
	60	-6772.78	19	9.39
	40	-20318.33	14	7.97
	20	-27091.11	0	7.24
50%	90	0.00	12	10.04
	80	0.00	12	10.04
	60	0.00	12	10.04
	40	-10159.16	10	8.99
	20	-27091.11	0	7.24
25%	90	0.00	0	10.02
	80	0.00	0	10.02
	60	0.00	0	10.02
	40	0.00	0	10.02
	20	-20318.33	0	7.94

Tabel 3. Rekapitulasi perhitungan head pompa pada impeler 8, 1500 rpm, 30 °C

valve discharge	tekanan suction Pa	tekanan discharge (Pa)	Q	Head	Head - 3%
100%	-6772.78	24131.65	33	6.6370	6.437907
75%	0.00	24131.65	27	7.3305	7.110677
50%	0.00	27579.03	12	7.6836	7.45312
25%	0.00	27579.03	0	7.6836	7.45312
0%	0.00	31026.41	0	8.0366	7.795563



Gambar 6. Grafik impeller 8, Kecepatan 1500 rpm, Suhu 30°C

Dari gambar 6 dapat dilihat bahwa pada impeller 8 dengan variasi putaran 1500 rpm dan suhu 30 °C, bukaan *valve discharge* 100 persen dan *valve sisi suction* dibuka 90° NPSH yang tersedia yaitu 9,51 m pada kapasitas 33 LPM, ketika *valve suction* ditutup menjadi 80° tidak terjadi perubahan NPSH dan kapasitas yang signifikan. NPSH yang tersedia mulai menurun ketika bukaan *valve suction* berada pada posisi 60° yaitu 9,09 m dengan kapasitas 26

LPM. Pada bukaan *valve suction* 40° NPSH yang tersedia turun hingga 7,98m pada kapasitas 15 LPM. Ketika bukaan *valve suction* 20°, NPSH yang didapat 7,24 m dan kapasitas pompa 0 LPM.

Pada kurva *head* dapat dilihat bahwa ketika *valve discharge* dibuka penuh *head* yang terjadi 6,637m dengan kapasitas 33 LPM. Head tertinggi yaitu 8,037 m pada kapasitas 0 LPM. Jadi dapat diketahui bahwa besarnya nilai *head* berbanding terbalik dengan nilai kapasitas.

NPSH merupakan nilai keamanan suatu pompa untuk menghindari terjadinya kavitasi. Maka dari itu NPSH minimum yang dibutuhkan pompa harus diketahui untuk menghindari terjadinya kavitasi, untuk mengetahui titik NPSHR didapat dari penurunan 3 persen dari *total head*, maka didapat head tertinggi sebesar 7,796 m. kemudian kurva dari penurunan *head* diplot dalam grafik. Hasilnya dapat dilihat peristiwa kavitasi terjadi pada titik dimana NPSHa berada dibawah NPSHr. Pada Gambar 6 dapat dilihat titik perpotongan kurva di titik B, titik ini merupakan titik awal terjadinya peristiwa kavitasi kurva NPSH pada posisi *valve discharge* 100%, sedangkan pada titik A dapat dilihat peristiwa kavitasi secara visual yang terjadi pada rumah pompa, terlihat gelembung uap air pada impeller, seperti dilihat pada penunjukan anak panah (Gambar 7)



Gambar 7 a) Dokumentasi saat tidak terjadi kavitasi, b) Dokumentasi peristiwa kavitasi pada titik A

Tabel 4 Hasil rekapitulasi NPSH pada impeller 7 bilah, 1200 rpm, 30°C

valve suction	tekanan suction Pa	Q	NPSH
90	-3386.39	35	9.88
80	-3386.39	34	9.87
60	-13545.55	28	8.77
40	-23704.72	17	7.64
20	-30477.49	0	6.90

Tabel 5 Hasil rekapitulasi NPSH pada impeller 6 bilah, 1700 rpm, 30°C

valve suction	tekanan suction Pa	Q	NPSH
90	0.00	32	10.19
80	0.00	31	10.18
60	-10159.16	26	9.09
40	-20318.33	15	7.98
20	-27091.11	0	7.24

Tabel 6 Hasil rekapitulasi Head pada impeller 8 bilah, 1700 rpm, 30°C

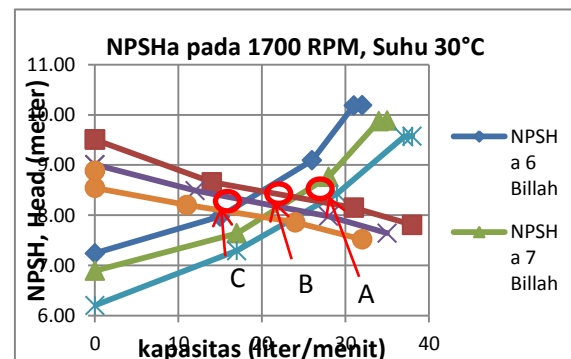
valve discharge	tekanan suction Pa	tekanan discharge (Pa)	Q	Head	Head - 3%
100%	-6772.78	24131.65	38	8.049349	7.807869
75%	-6772.78	27579.03	31	8.402383	8.150312
50%	-3386.39	29302.72	14	8.925689	8.657918
25%	0.00	34473.78	0	9.802028	9.507967
0%	0.00	34473.78	0	9.802028	9.507967

Tabel 7 Hasil rekapitulasi Head pada impeller 7 bilah, 1700 rpm, 30°C

valve discharge	tekanan suction Pa	tekanan discharge (Pa)	Q	Head	Head - 3%
100%	-3386.39	24131.65	35	7.87858	7.642223
75%	0.00	24131.65	28	8.225368	7.978607
50%	0.00	29302.72	12	8.75492	8.492272
25%	0.00	34473.78	0	9.284471	9.005937
0%	0.00	34473.78	0	9.284471	9.005937

Tabel 8 Hasil rekapitulasi Head pada impeller 6 bilah, 1700 rpm, 30°C

valve discharge	tekanan suction Pa	tekanan discharge (Pa)	Q	Head	Head - 3%
100%	0.00	24131.65	32	7.75035	7.517839
75%	0.00	27579.03	24	8.103384	7.860282
50%	0.00	34473.78	11	8.456418	8.202726
25%	0.00	34473.78	0	8.809452	8.545169
0%	0.00	37921.16	0	9.162486	8.887612



Gambar 8. Grafik variasi jumlah bilah terhadap perbedaan nilai NPSH

Pada gambar 4.3 di atas dapat dilihat pada daerah yang ditunjuk huruf A merupakan awal terjadinya kavitasi pada impeller 8 bilah, daerah yang ditunjuk tanda B adalah awal terjadinya kavitasi pada impeller 7 bilah dan daerah

yang ditunjuk oleh orif C adalah awal terjadinya kavitasi pada impeller 6 bilah.

Dapat dilihat pada kapasitas 20 liter per menit pada impeller 6 bilah nilai NPSHa lebih besar dari nilai NPSHr, dalam keadaan ini pompa tidak mengalami kavitasi. Dengan kapasitas yang sama pada impeller 7 bilah nilai NPSHa lebih rendah dari nilai NPSHa pada impeller 6 bilah dan nilai NPSHr pada impeller 7 lebih tinggi dibandingkan nilai NPSHr impeller 6 bilah, tetapi pada kondisi ini pompa dengan impeller 7 bilah telah terjadi kavitasi dikarenakan nilai NPSHa berada di bawah NPSHr. Pada impeller 8 bilah dengan kapasitas 20 liter per menit kavitasi yang terjadi semakin besar, dapat dilihat nilai NPSHa berada semakin jauh dibawah nilai NPSHr.

Tabel 9 Hasil rekapitulasi NPSH pada impeller 8 bilah, 1200 rpm, 30°C

valve suction	tekanan suction Pa	Q	NPSH
90	0.00	23	10.11
80	0.00	23	10.11
60	-6772.78	19	9.39
40	-10159.16	12	9.00
20	-16931.94	0	8.28

Tabel 10 Hasil rekapitulasi NPSH pada impeller 8 bilah, 1500 rpm, 30°C

valve suction	tekanan suction Pa	Q	NPSH
90	-6772.78	33	9.51
80	-6772.78	33	9.51
60	-10159.16	26	9.09
40	-20318.33	15	7.98
20	-27091.11	0	7.24

Tabel 11 Hasil rekapitulasi NPSH pada imprller 8 bilah, 1700 rpm, 30°C

valve suction	tekanan suction Pa	Q	NPSH
90	-6772.78	38	9.57
80	-6772.78	37	9.56
60	-16931.94	29	8.43
40	-27091.11	17	7.29
20	-37250.27	0	6.20

Tabel 12 Hasil rekapitulasi Head pada imprller 8 bilah, 1200 rpm, 30°C

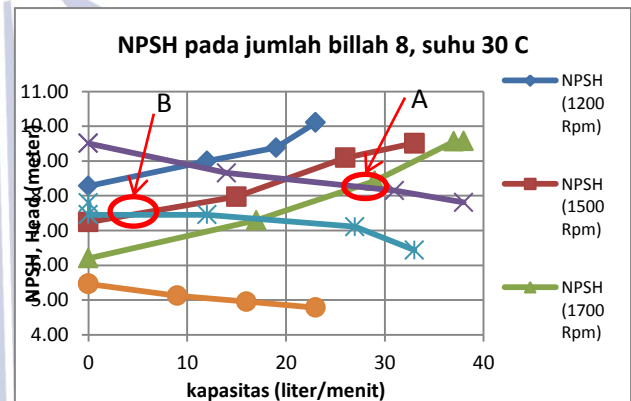
valve discharge	tekanan suction Pa	tekanan dischaage (Pa)	Q	Head	Head - 3%
100%	0.00	20684.27	23	4.928456	4.780603
75%	0.00	22407.96	16	5.104974	4.951824
50%	0.00	24131.65	9	5.281491	5.123046
25%	0.00	27579.03	0	5.634525	5.465489
0%	0.00	27579.03	0	5.634525	5.465489

Tabel 13 Hasil rekapitulasi Head pada imprller 8 bilah, 1500 rpm, 30°C

valve discharge	tekanan suction Pa	tekanan dischaage (Pa)	Q	Head	Head - 3%
100%	-6772.78	24131.65	33	6.637018	6.437907
75%	0.00	24131.65	27	7.330595	7.110677
50%	0.00	27579.03	12	7.683629	7.45312
25%	0.00	27579.03	0	7.683629	7.45312
0%	0.00	31026.41	0	8.036663	7.795563

Tabel 14 Hasil rekapitulasi Head pada imprller 8 bilah, 1700 rpm, 30°C

valve discharge	tekanan suction Pa	tekanan dischaage (Pa)	Q	Head	Head - 3%
100%	-6772.78	24131.65	38	8.049349	7.80786
75%	-6772.78	27579.03	31	8.402383	8.15031
50%	-3386.39	29302.72	14	8.925689	8.65791
25%	0.00	34473.78	0	9.802028	9.50796
0%	0.00	34473.78	0	9.802028	9.50796



Gambar 9. Grafik variasi kecepatan terhadap NPSH

Pada gambar 9 di atas dapat dilihat pada daerah yang ditunjuk huruf A merupakan awal terjadinya kavitasi pada kecepatan 1700 rpm, daerah yang ditunjuk tanda B adalah awal terjadinya kavitasi pada kecepatan 1500 rpm.

Dapat dilihat pada kapasitas 10 liter per menit ketika kecepatan 1200 rpm nilai NPSHa lebih besar dari nilai NPSHr, dalam keadaan ini pompa tidak mengalami kavitasi. Dengan kapasitas yang sama ketika kecepatan 1500 rpm nilai NPSHa lebih rendah dari nilai NPSHa pada kecepatan 1200 rpm dan nilai NPSHr ketika kecepatan 1500 lebih tinggi dibandingkan nilai NPSHr kecepatan 1200 rpm, nilai NPSHa semakin mendekati NPSHr pada kecepatan 1500 rpm, pada kondisi ini pompa tidak mengalami kavitasi dikarenakan nilai NPSHa masih lebih besar daripada nilai NPSHr. Ketika kecepatan 1700 rpm dengan kapasitas 10 liter per menit pompa sudah mengalami kavitasi dapat dilihat nilai NPSHa berada semakin jauh lebih rendah dari nilai NPSHr.

Jadi semakin tinggi kecepatan putar pompa maka lebih mudah terjadi kavitasi dan kavitasi yang terjadi juga akan semakin besar, hal ini dikarenakan semakin banyak jumlah bilah maka kecepatan alir fluida akan semakin besar sehingga tekanan pada sisi masuk akan semakin

turun, ketika tekanan sisi masuk lebih rendah dari tekanan uap jenuh fluida maka kavitasi akan terjadi.

Tabel 15 Hasil rekapitulasi NPSH pada imprller 8 bilah, 1500 rpm, 30°C

valve suction	tekanan suction Pa	Q	NPSH
90	-6772.78	33	9.51
80	-6772.78	33	9.51
60	-10159.16	26	9.09
40	-20318.33	15	7.98
20	-27091.11	0	7.24

Tabel 16 Hasil rekapitulasi NPSH pada imprller 8 bilah, 1500 rpm, 40°C

valve suction	tekanan suction Pa	Q	NPSH
90	-6772.78	33	9.22
80	-6772.78	33	9.22
60	-10159.16	26	8.80
40	-20318.33	15	7.68
20	-27091.11	0	6.95

Tabel 17 Hasil rekapitulasi NPSH pada imprller 8 bilah, 1500 rpm, 50°C

valve suction	tekanan suction Pa	Q	NPSH
90	-6772.78	32	8.74
80	-6772.78	32	8.74
60	-10159.16	26	8.33
40	-20318.33	15	7.20
20	-27091.11	0	6.46

Tabel 18 Hasil rekapitulasi NPSH pada imprller 8 bilah, 1500 rpm, 60°C

valve suction	tekanan suction Pa	Q	NPSH
90	-6772.78	33	8.00
80	-6772.78	32	7.99
60	-10159.16	25	7.57
40	-20318.33	15	6.45
20	-30477.49	0	5.36

Tabel 19 Hasil rekapitulasi Head pada imprller 8 bilah, 1500 rpm, 30°C

valve discharge	tekanan suction Pa	tekanan dischaerge (Pa)	Q	Head	Head - 3%
100%	-6772.78	24131.65	33	6.6370	6.4379
75%	0.00	24131.65	27	7.3305	7.1106
50%	0.00	27579.03	12	7.6836	7.4531
25%	0.00	27579.03	0	7.6836	7.4531
0%	0.00	31026.41	0	8.0366	7.7955

Tabel 20 Hasil rekapitulasi Head pada imprller 8 bilah, 1500 rpm, 40°C

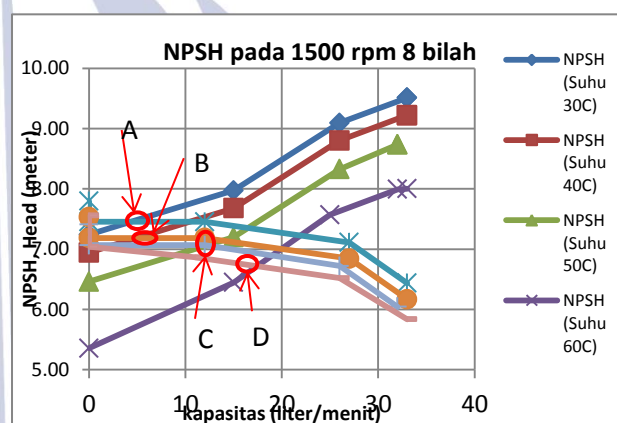
valve discharge	tekanan suction Pa	tekanan dischaerge (Pa)	Q	Head	Head - 3%
100%	-6772.78	24131.65	33	6.3587	6.168014
75%	0.00	24131.65	27	7.0547	6.843134
50%	0.00	27579.03	12	7.4090	7.186774
25%	0.00	27579.03	0	7.4090	7.186774
0%	0.00	31026.41	0	7.7633	7.530413

Tabel 21 Hasil rekapitulasi Head pada imprller 8 bilah, 1500 rpm, 50°C

valve discharge	tekanan suction Pa	tekanan dischaerge (Pa)	Q	Head	Head - 3%
100%	-6772.78	24131.65	32	6.22969	6.0428
75%	0.00	24131.65	26	6.92863	6.7207
50%	0.00	27579.03	12	7.28440	7.0658
25%	0.00	27579.03	0	7.28440	7.0658
0%	0.00	31026.41	0	7.64016	7.4109

Tabel 22 Hasil rekapitulasi Head pada imprller 8 bilah, 1500 rpm, 60°C

valve discharge	tekanan suction Pa	tekanan dischaerge (Pa)	Q	Head	Head - 3%
100%	-6772.78	20684.27	33	6.01770	5.837174
75%	0.00	20684.27	26	6.72013	6.518526
50%	0.00	24131.65	11	7.07766	6.865338
25%	0.00	25855.34	0	7.25643	7.038743
0%	0.00	31026.41	0	7.79274	7.558961



Gambar 10. Grafik variasi suhu terhadap NPSH. Pada gambar 4.5 di atas dapat dilihat pada daerah yang ditunjuk huruf A merupakan awal terjadinya kavitasi pada suhu 30°C, daerah yang ditunjuk tanda B adalah awal terjadinya kavitasi pada suhu 40°C, daerah yang ditunjuk oleh tanda C adalah awal terjadinya kavitasi pada suhu 50°C dan tanda yang ditunjuk oleh tanda D adalah awal terjadinya kavitasi pada suhu 60°C.

Dapat dilihat pada kapasitas 10 liter per menit pada suhu 30°C tidak terjadi kavitasi karena nilai NPSHa lebih besar dari NPSHr, ketika suhu naik menjadi 40°C nilai NPSHa semakin rendah daripada ketika suhu 30°C. pada suhu 40°C dan kapasitas 10 liter per menit nilai NPSHa lebih besar dari nilai NPSHr dan pompa belum mengalami kavitasi.

Pada suhu fluida 50°C dengan kapasitas 10 liter per menit nilai NPSHa lebih rendah dari nilai NPSHr dan pompa sudah terjadi kavitasi. Pada suhu 60°C dengan kapasitas 10 liter per menit nilai NPSHa jauh lebih rendah dari nilai NPSHr sehingga kavitasi yang terjadi semakin besar semakin meningkatnya suhu fluida dikarenakan semakin tinggi suhu fluida maka tekanan uap jenuhnya juga akan semakin tinggi.

Jadi semakin tinggi suhu fluida maka pompa akan lebih mudah terjadi kavitasi dikarenakan tekanan uap jenuhnya semakin naik seiring bertambahnya suhu fluida.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh jumlah bilah centrifugal impeller terhadap NPSH dan rekapitulasi NPSH yang tersedia, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Jumlah bilah pada sentrifugal impeller berpengaruh pada besarnya NPSH yang tersedia, terbukti pada hasil perhitungan pada putaran poros pompa 1700 rpm, temperatur air 30 °C dan posisi valve discharge pada bukaan penuh. Dengan menggunakan impeller 6 bilah NPSH tertinggi 10,19 m, NPSH terendah 7,24 m pada kapasitas pompa 0 liter per menit. Pada impeller 7 bilah NPSH tertinggi 9,88 m dan NPSH terendah 6,90 m. Pada impeller 8 bilah NPSH tertinggi 9,57 m dan NPSH terendah 6,20 m. hal ini dikarenakan tekanan pada sisi suction dan kapasitas pemompaan yang semakin besar seiring bertambah banyaknya jumlah bilah pada centrifugal impeller.
- Dalam pengujian impeller 8 dengan suhu 30°C pada kapasitas 10 liter per menit ketika kecepatan 1200 rpm nilai NPSHa lebih besar dari nilai NPSHr, dalam keadaan ini pompa tidak mengalami kavitasi. Dengan kapasitas yang sama ketika kecepatan 1500 rpm nilai NPSHa lebih rendah dari nilai NPSHa pada kecepatan 1200 rpm dan nilai NPSHr ketika kecepatan 1500 lebih tinggi dibandingkan nilai NPSHr kecepatan 1200 rpm, nilai NPSHa semakin mendekati NPSHr pada kecepatan 1500 rpm, pada kondisi ini pompa tidak mengalami kavitasi dikarenakan nilai NPSHa masih lebih besar daripada nilai NPSHr. Ketika kecepatan 1700 rpm dengan kapasitas 10 liter per menit pompa sudah mengalami kavitasi dapat dilihat nilai NPSHa berada semakin jauh lebih rendah dari nilai NPSHr. Jadi semakin tinggi kecepatan putar pompa maka lebih mudah terjadi kavitasi dan kavitasi yang terjadi juga akan semakin besar. Besarnya putaran pada poros pompa berpengaruh pada perubahan NPSH pompa, semakin besar putaran pompa maka tekanan sisi hisap akan mengalami pressure drop, hal ini akan mengakibatkan nilai NPSH akan semakin menurun.
- Peningkatan temperatur air berpengaruh secara signifikan pada besarnya NPSH pompa, dapat dilihat pada impeller 8 dengan kecepatan 1700 rpm saat bukaan penuh pada valve suction maupun discharge. Pada suhu 30 C nilai NPSH sebesar 9,57, pada suhu 40 C nilai NPSH sebesar 9,27 m, pada suhu 50 C

nilai NPSH sebesar 8,79 m dan pada suhu 60 C nilai NPSH sebesar 8,08 m.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai jumlah bilah sentrifugal

- Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan variasi instalasi pipa pada pengujian NPSH.
- Memvariasikan jenis fluida yang berbeda terhadap NPSH pompa.
- Sebisanya mungkin meningkatkan suhu pada titik didih maksimum untuk mengetahui lebih jauh mengenai hubungan tekanan jenuh fluida pada penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bacharoudis, E.C., Filios, A.E., Mentzos, M.D. & Margaritis, D.P., 2008. *Parametric Study of a Centrifugal Pump Impeller by Varying the Outlet*. The Open Mechanical Engineering Journal, pp.75-83.
- Danim, S. 2002. *Menjadi Peneliti Kualitatif*. Bandung: Pustaka Setia.
- Jafarzadeh, B., Hajari, A., Alishahi, M.M. & Akbari, M.H., 2011. *The Fow Simulation of A Low-Specific-Speed High-Speed Centrifugal Pump*. Applied Mathematical Modelling, pp.242-49.
- Julian alfijar, 2008. *Pengaruh putaran motor dan variasi bukaan katup terhadap kapasitas aliran air dam pipa 1,5"*. Jurnal UNIMUS. Vol 7 (1).
- Kennie A.Lempoy. 2010. *Desain Bentuk Sudut-sudut Arah Radial Pada Pompa Sentrifugal*. Jurnal TEKNO. Vol 08 No.53.
- Manohar Gaurav,M. AND Vadaliya,A.2014. *Parametric Study of Sentrifugal Pump Impeller-A Review*.International Journal of Advance Research and Technology.Vol 02,pp.1-4.
- Musyafa, Achmad Aliyin, 2015. *Uji Eksperimen Pengaruh Jumlah Sudu Sentrifugal Impeler Terhadap Efisiensi dan Kapasitas Pompa Sentrifugal*.
- Singh, R.R. & Nataraj, 2012. *Parametric Study and Optimization of Centrifugal Pump Impeller by The Design Parameter Using Computational Fluid Dynamics: Part I*. Journal of Mechanical and Production Engineering, pp.87-97.
- Siregar, Indra Herlamba. 2013. *Pompa Sentrifugal*.Surabaya:Unesa University Press.
- Soenoko R., 2002. *Sistem Perancangan Mesin Konversi Energi dan Mesin-Mesin Turbo*, Program Studi

Teknik Mesin Program Pascasarjana UNIBRAW,
Malang.

Solso, R. L MacLin, M. K, O. H. (2005). *Cognitive Psychology*. New York. Pearson.

Sugiyono, Dr. 2010. *Metode penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*, Penerbit Alfabeta.

Sularso, Ir and Tahara Haruo, 1987, "*Pompa dan Kompresor*", Jakarta:Penerbit Pradnya Paramitha.

Thoharudin, arif setyo nugroho, stefanus unjanto.
2014. "*Optimaasi tinggi tekan dan efisiensi pompa sentrifugal dengan perubahan jumlah sudu impeller dan sudut sudu keluar impeller menggunakan simulasi computational fluid dynamic*".Prosiding Seminar nasional aplikasi sains dan teknologi (SNAST). ISSN:1979-911X.

